

Rancang Bangun Alat Ukur Konduktivitas Panas Bahan Dengan Metode *Needle Probe* Berbasis Mikrokontroler AT89S52

Rakhmat Syaefullah¹⁾, Gatot Yuliyanto¹⁾, Suryono.²⁾

1) Laboratorium Geofisika Undip, 2) Laboratorium Instrumentasi dan Elektronika Undip.

ABSTRACT

A device for measuring thermal conductivity of homogen materials using a Needle Probe method has been designed. This method uses a metal rod which emitted a heat stream and a temperature sensor placed in the middle of interior heater at probe to measure changes in temperature inside the probe. This measuring instrument represent development digitally from measuring instrument which have been made with analog system. With AT89S52 microcontroller application as data processor bases, temperature detected can be presented by seven segment which have been controlled by BCD converter.

Basically thermal conductivity measuring instrument with this Needle Probe method represent a digitally thermal detecting system which attached at Needle Probe. Every increase 1 °C, the temperature sensor give output equal to 0.01 V with correctness of displayed equal to 1 °C and error point level equal to 0.01 %.

Key word: Needle Probe method, ADC, AT89S52 microcontroller, seven segment.

INTISARI

Telah dibuat alat ukur konduktivitas panas bahan homogen dengan metode Needle Probe, yaitu suatu metode pengukuran dengan menggunakan batang probe dari logam yang dialiri panas dan dengan sensor suhu di tengah bagian dalam pemanas probe untuk mengetahui perubahan suhu yang terjadi di dalam probe. Alat ukur ini merupakan pengembangan secara digital dari alat ukur yang telah dibuat dengan sistem analog. Dengan mengaplikasikan mikrokontroler AT89S52 sebagai basis pengolah data, maka suhu yang terdeteksi ditampilkan seven segment melalui BCD converter dalam satuan derajat celcius.

Pada dasarnya alat ukur konduktivitas panas dengan metode Needle Probe ini merupakan suatu sistem pendeteksi panas secara digital yang dipasang pada Needle Probe. Untuk setiap kenaikan temperatur 1 °C, sensor yang digunakan memberikan keluaran sebesar 0.01 V dengan ketelitian pembacaan temperatur pada display sebesar 1 °C dan tingkat kesalahan 0,01 %.

Kata kunci: metode Needle Probe, ADC, mikrokontroler AT89S52, seven segment

PENDAHULUAN

Konduktivitas panas yang diartikan sebagai kemampuan suatu materi untuk menghantarkan panas, merupakan salah satu parameter yang diperlukan dalam eksplorasi panas bumi. Penelitian-penelitian mengenai konduktivitas panas terhadap berbagai lapangan yang berbeda-beda telah dilakukan para geofisikawan sejak periode tahun 1800, seperti halnya yang telah dilakukan oleh Poulsen pada tahun 1981 dengan menggunakan metode *Needle Probe*.

Metode *Needle Probe* merupakan suatu metode dalam pengukuran konduktivitas

panas atas dasar hukum kedua termodinamika yang menyatakan bahwa perpindahan panas hanya terjadi dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah bertemperatur rendah. Metode *Needle Probe* yang diterapkan oleh Poulsen, menggunakan *probe* yang terbuat dari kuningan dengan panjang 432 mm dan diameter 12 mm. *Probe* ini diberi pemanas menggunakan kumparan dari kawat manganin dengan tahanan jenis 82,6 ohm/m, *output* pemanasnya sebesar 20 W/m, dan sebagai sensor suhunya adalah thermistor YSI 44031 [1].

Seiring perkembangan teknologi, maka metode *Nedlee Probe* yang telah banyak digunakan dapat dikembangkan secara digital, sehingga dapat menambah efisiensi kerja dalam pengambilan data pengukuran konduktivitas panas. Pengolahan sinyal digital ini dapat dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler. Salah satu mikrokontroler yang cocok untuk diterapkan dalam metode *Needle Probe* ini adalah mikrokontroler AT89S52, karena memiliki kriteria-kriteria [2]: harga relatif murah, banyak fasilitas *register* dalam *chips*, teknik pemrograman mudah, dan modul-modul perangkat keras pendukung yang mudah diperoleh.

DASAR TEORI

Perpindahan panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu dapat dibedakan melalui 3 cara, yaitu: radiasi, konveksi, dan konduksi [3]. Radiasi merupakan proses perpindahan panas secara langsung di dalam medium terpisah atau medium tembus cahaya, energi kalor akan berpindah dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Proses konveksi terjadi jika terdapat perpindahan energi dengan kerja gabungan konduksi panas, penyimpanan energi, dan gerakan mencampur dengan disertai partikel-partikel dari medium.

Proses mengalirnya panas dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium tanpa disertai partikel medium atau antara medium berlainan dinamakan proses konduksi, misalnya proses yang terjadi saat sebatang besi dipanaskan. Dalam proses konduksi, apabila medium cepat menghantarkan panas, maka kenaikan suhu akan berjalan lambat, sebaliknya apabila medium lambat menghantarkan panas maka kenaikan suhu akan berjalan cepat [1]. Selanjutnya dengan mengplot kenaikan suhu sebagai fungsi waktu, maka akan diperoleh suatu garis lurus yang sesuai dengan persamaan [4]:

$$T = \frac{Q}{4\pi K} \ln(t) + A \quad \dots(1)$$

dengan T adalah temperatur ($^{\circ}\text{C}$), Q adalah panas yang diproduksi persatuan panjang *probe* (W/m), K adalah konduktivitas panas bahan (W/m $^{\circ}\text{C}$), t adalah waktu (sekon), dan A adalah konstanta yang menyatakan suhu pada saat $t = 0$ ($^{\circ}\text{C}$).

Metode *Needle Probe*

Berdasarkan hukum kedua termodinamika konduktivitas panas dapat diukur jika terjadi perpindahan panas dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Dengan rumusan tersebut maka jika suatu materi diberikan daya panas tertentu akan terjadi perpindahan panas. Prinsip tersebut selanjutnya diterapkan pada metode *Needle Probe*, yaitu salah satu metode praktis untuk mengukur suatu konduktivitas panas bahan dengan sistem kerja sebagai berikut: *probe* yang telah dialiri suatu panas tertentu dimasukkan dalam bahan yang akan diukur, kemudian adanya perbedaan panas antara panas pada *probe* dan bahan yang akan diukur menyebabkan terjadinya perpindahan panas yang kemudian akan terdeteksi oleh suatu sensor yang berada di dalam *probe* itu sendiri. Energi panas yang dihasilkan dalam *Needle Probe* dapat dihasilkan dari energi listrik dengan mengalirkan arus listrik ke dalam kawat pemanas. Arus listrik pada kawat didefinisikan sebagai jumlah muatan yang melewati kawat tiap satuan waktu pada satu titik. Dengan demikian arus I didefinisikan sebagai:

$$I = \frac{q}{t} \quad \dots(2)$$

dengan q adalah jumlah muatan (C) yang melewati konduktor pada suatu lokasi selama jangka waktu t (detik) dan I adalah arus listrik (A). Apabila q yang bergerak melewati beda potensial sebesar V adalah qV, maka daya P, yang merupakan kecepatan perubahan energi adalah [5]:

$$P = \frac{qV}{t} \quad \dots(3)$$

dengan P adalah daya (watt) dan V merupakan beda potensial yang dihasilkan

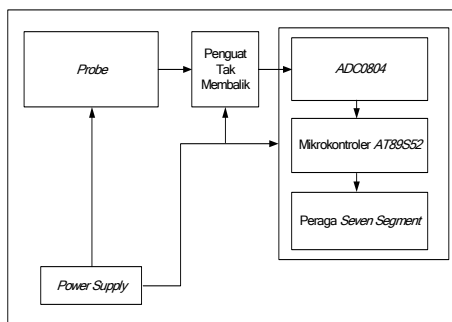
(volt). Muatan yang mengalir tiap detik merupakan arus listrik, dengan demikian:

$$P = VI \quad \dots(4)$$

Panas yang dihasilkan dalam kumparan pemanas terjadi karena adanya banyak tumbukan antara elektron yang bergerak dan atom pada kawat. Pada setiap tumbukan, sebagian energi elektron ditransfer ke atom yang ditumbuknya. Sebagai akibatnya, energi kinetik atom bertambah dan dengan demikian temperatur elemen kawat bertambah [5]. Energi panas yang bertambah ini selanjutnya dapat ditransfer sebagai kalor secara konduksi pada *Needle Probe*.

METODE PENELITIAN

Secara skematis Langkah-langkah penelitian diberikan seperti pada gambar 1 berikut:

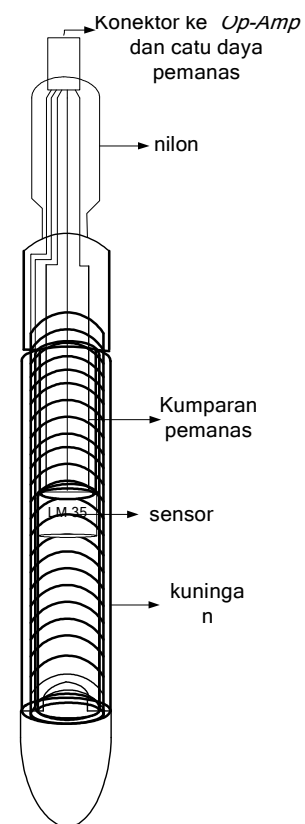


Gambar 1 Diagram blok rancangan

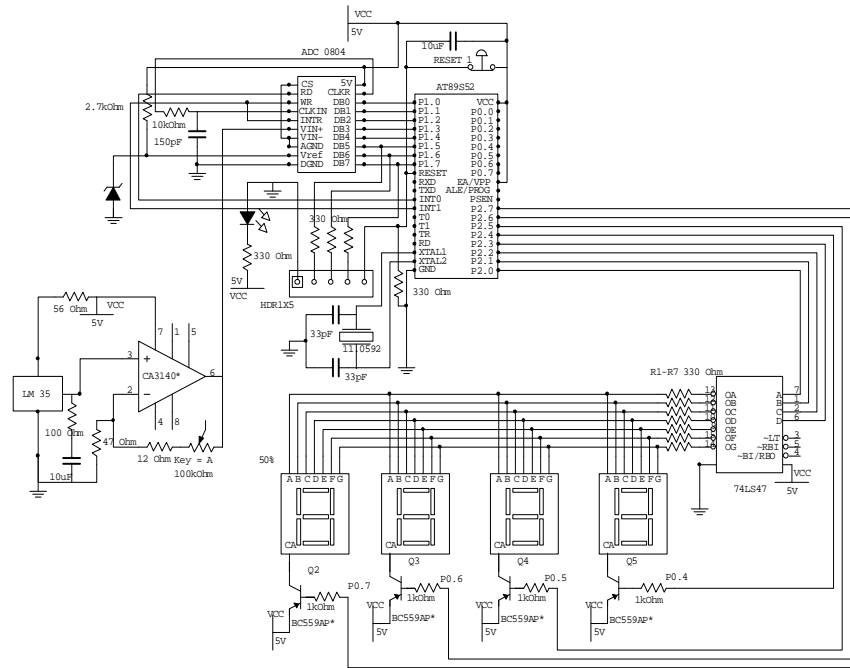
Pada dasarnya alat yang dirancang seperti pada gambar 1 merupakan suatu rangkaian pendeteksi panas yang diterapkan pada *Needle Probe* yang telah berisi kumparan pemanas. Sensor suhu yang ditanam dalam kumparan pemanas berfungsi untuk mendeteksi adanya perubahan suhu yang terjadi akibat perpindahan kalor. Tegangan keluaran dari

sensor ini akan diperkuat oleh penguat tak membalik yang kemudian dikirimkan ke *ADC0804* agar keluarannya menjadi digital hingga dapat diproses oleh Mikrokontroler *AT89S52*. Data yang telah diproses oleh mikrokontroler ini akan ditampilkan *seven segment* melalui *driver SN74LS47* dalam satuan derajat celcius.

Bagian utama dari perancangan alat ukur konduktivitas panas dengan metode *Needle Probe* seperti tampak pada gambar 1 dapat dipisahkan menjadi 2 bagian yaitu *probe* dan sistem pendeteksi panas seperti pada gambar 2 dan 3 berikut:



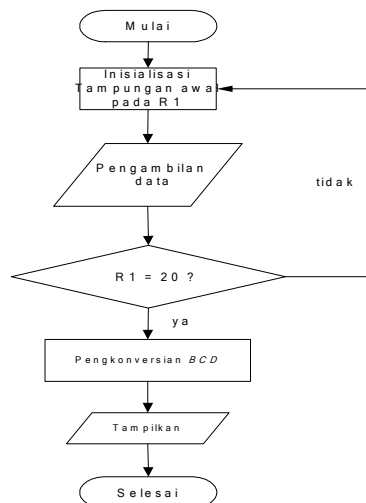
Gambar 2 Skema *Needle Probe*



Gambar 3 Rangkaian integrasi sistem pendeteksi panas

Perancangan Perangkat Lunak

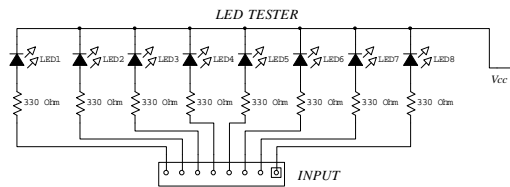
Perancangan untuk perangkat lunak menggunakan bahasa *assembler MCS-51*, digunakan untuk memprogram mikrokontroler AT89S52 yang digunakan. Prosedur pemrograman pada mikrokontroler ini dapat ditunjukkan seperti pada gambar 4.



Gambar 4 Diagram alur program pada mikrokontroler

Pengujian Sistem

Pengujian sistem yang dilakukan meliputi pengetesan terhadap masing-masing rangkaian dan kalibrasi sistem. Pengujian terhadap sensor dan penguat tegangan dilakukan dengan mengukur kestabilan tegangan keluaran dari sensor dan rangkaian penguat tegangan dengan menggunakan multimeter digital sebelum dan sesudah *Needle Probe* dipanaskan. Pengujian ADC0804 dilakukan dengan memberikan tegangan masukan dari 0 -5 V dengan variasi sebesar 0,5 V terhadap kaki-kaki *input* ADC, selanjutnya keluaran dari ADC tersebut dihubungkan dengan rangkaian LED seperti pada gambar 5 untuk menunjukkan keluaran dalam bentuk 1 (*high*) dan 0 (*low*). Sedangkan kalibrasi sistem yang merupakan pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan menggunakan termometer raksa guna menunjukkan linearitas sistem pendeteksi panas dari alat ukur yang telah dibuat.



Gambar 5 Rangkaian LED Tester

HASIL DAN PEMBAHASAN

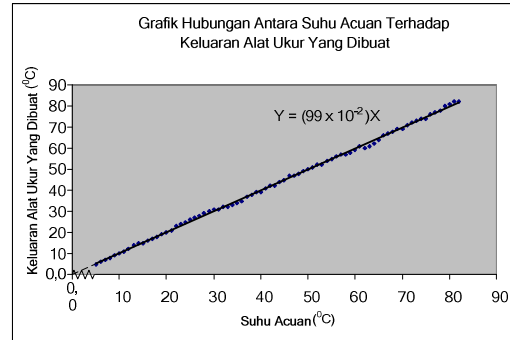
Needle Probe

Needle Probe yang telah dibuat mampu menghasilkan panas sebesar 13,66 W/m dengan memberikan tegangan 9 V dan arus listrik sebesar 0,75 A pada kumparan tembaga dalam probe dari catu daya internal. Panas yang dihasilkan ini merupakan batasan dari nilai Q pada persamaan 1. Nilai Q ini dapat diperbesar melalui catu daya eksternal dengan memperbesar tegangan dan arus listrik yang diberikan pada pemanas dalam *probe*.

Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan merupakan kalibrasi terhadap dengan menggunakan termometer raksa guna menunjukkan linearitas dari sistem pendeteksi panas. Dengan mengeset suhu awal sebesar 5 °C dan memberikan panas terhadap *Needle Probe* baik dari dalam maupun dari luar *probe* secara kontinu sampai mencapai suhu sebesar 82 °C diperoleh data kalibrasi yang kemudian diplotkan ke dalam grafik seperti pada gambar 6 dengan X adalah temperatur acuan (°C) yang diperoleh dari pengukuran termometer raksa dan Y adalah keluaran alat ukur yang dibuat (°C).

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa alat ukur yang telah dibuat mampu mendeteksi panas sebanding dengan termometer raksa dengan batasan antara 5 °C - 82 °C dengan tingkat kesalahan sebesar 0,01 %.



Gambar 6 Hasil pengujian sistem keseluruhan

Dari hasil pengujian dan kalibrasi sistem maka dapat dikatakan sistem pendeteksi panas yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Dengan menetapkan nilai Q sebesar 13,66 W/m (dapat juga ditetapkan sesuai dengan daya listrik yang diberikan dari catu daya eksternal untuk nilai Q yang berbeda), maka pengukuran terhadap konduktivitas panas dapat dilakukan dengan mengaplikasikan persamaan 1.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Sensor *LM35* yang digunakan telah bekerja dengan baik dengan tegangan keluaran sensor bertambah ($0,1 \times 10^{-1}$) V setiap kenaikan temperatur °C.
2. Sistem pendeteksi panas secara digital dengan menggunakan Mikrokontroler *AT89S52* sebagai basis pengolah data dapat diterapkan dalam alat ukur konduktivitas panas dengan metode *Needle Probe* dengan ketelitian pembacaan temperatur sebesar 1 °C dan tingkat kesalahan sebesar 0,01 %.

Daftar Pustaka

- [1] Isjmiradi, M., 1989, *Pembuatan Alat Ukur Konduktivitas Panas Batuan Dengan Metode Needle Probe*,

- Jurusan Fisika FMIPA,
Yogyakarta, Universitas Gajah
Mada.
- [2] <http://www.delta-electronic.com>.
- [3] Kreith, F., dan Priyono, A., 1985, *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas* (terjemahan), edisi ketiga, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- [4] Carslaw, H. S., and Jaeger, J. C., 1959, *Conduction of Heat in Solids*, Oxford Press, 2nd ed, pp 344-345.
- [5] Fraden, J., 1996, *Handbook Of Modern Sensors (physics, designs, and applications 2nd)*, Sandiego, California, Thermoscan, inc